

総 説



転倒予防

—テーラーメイド型の運動介入の確立に向けて— *

山田 実

【緒 言】

本邦において転倒・骨折は要介護の主たる要因の一つとして挙げられており、65歳以上の高齢者の3人に1人は、1年間に1回以上転倒することが報告されている¹⁾。転倒は虚弱な高齢者に限って発生するものではなく、要支援・要介護高齢者を除く一般高齢者に対して実施した調査（基本チェックリスト）でも約30%の転倒発生率となっている。さらに、われわれが行った調査では、Timed Up and Go test (TUG) を8.3秒以内に遂行するような、高い移動能力を有している高齢者であっても、5人に1人は1年間に1回以上の転倒することが分かった²⁾。勿論、移動能力が低下すれば、その頻度は高まり、TUGの遂行に15秒以上かかるような高齢者になると、2人に1人は1年間に1回以上転倒する²⁾。

われわれは、高齢者の転倒を予防するにあたり、まずは身体機能レベルに応じた転倒リスク要因の検証、そして、そのことに伴う各機能レベルに応じた有用な運動介入方法の開発を目指している。また転倒予防に平行して、高齢者の虚弱性が着目されている。本稿では、転倒予防、虚弱性の予防・改善について自験的取り組み中心を紹介しながら、介護予防分野におけるセラピストのあり方について迫ってみたい。

キーワード：転倒予防・介護予防・二重課題・サルコペニア

1. 転倒リスク評価

転倒リスク評価としては、TUG³⁾ やファンクショナルリーチ⁴⁾、10m歩行⁵⁾、片脚立位⁶⁾、それに5回立ち座りテスト⁷⁾などが一般的に行われる。これらの測定項目は移動能力やバランス能力、それに筋力が求められるようなものであり、高齢者の身体機能を簡便に把握することができる。しかしながら、高齢者の転倒リスク評価（特に比較的的身体機能レベルの高い高齢者）には、これらだけでは不十分である。日常生活は非常に多くの課題に包囲された複数課題環境であり、勿論このような課題環境下で転倒も発生している。そのため、歩行のみに注意を向け

ていてもよい単一課題下での歩行能力検査よりも、副次課題にも注意を分散しなければならない二重課題下歩行検査の方が、より実生活場面での歩行を反映すると考えられている。二重課題条件が重要視されるようになるきっかけとなったのは、1997年にLundin-Olsson⁸⁾がLancetに報告した“Stops Walking When Talking”である。これは、歩行中に話しかけられて立ち止まってしまう高齢者は、この先6ヶ月以内に転倒する可能性が高いということを示したものである。この報告は、非常にシンプルな二重課題の方法で転倒リスクを判断できるという汎用性の高さからも注目を集めた。この報告以後、二重課題遂行能力と転倒との関係を調査した報告が増え、2009年にBeauchetら⁹⁾が報告したレビューでは、二重課題条件下での運動機能は転倒リスク評価になることをまとめた。しかし一方でBeauchetらは、どのような対象者でも転倒リスク評価として有用としているのではなく、どのような機能レベルの高齢者に有用となるのかについては、①大規模のコホート調査が必要、②課題の統一が必要、ということ述べ

* Fall prevention: Tailor-made program for preventive falls

京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻
リハビリテーション科学コース理学療法学講座運動機能
開発分野

(〒606-8507 京都市左京区聖護院川原町 53)

Minoru Yamada, PT, PhD: Human Health Sciences,
Graduate School of Medicine, Kyoto University

ている。

そこで、われわれは1038名の高齢者を、移動能力別 (Timed up and Go (TUG) の遂行時間) に4つのグループに分類し (4分位)、それぞれの群において二重課題下歩行 (ボールをのせたお皿を把持して歩行する、100から順次1ずつ引きながら歩行する) を含めた幾つかの代表的な転倒リスク測定を実施し、各グループで最も良い転倒リスク測定を模索した²⁾。その結果、移動能力が最も高い群ではボールをのせたお皿を把持した歩行 (manual-tasking walk) が、次いで速かったグループでは100から順次1ずつ引きながらの歩行 (cognitive-tasking walk) が転倒リスク評価として有用であることが分かった。さらに、移動能力が低下している2群では、いずれも二重課題下歩行が有用ではなく、筋パワーが求められる5回立ち座りテストが転倒リスク評価として有用であることが示された。つまり、比較的運動機能の高い高齢者であれば二重課題歩行は転倒リスク評価として有用であるが、運動機能の低下した高齢者では二重課題歩行は有用ではないということを示した (図1)。よりシンプルに見極めるのであれば、概ね杖等の歩行補助具を日常的に使用している方であれば筋力低下が、杖を使用していない方であれば二重課題能力低下が転倒のリスクファクターになると考えられる。



図1. 移動能力別にみた転倒リスクと介入方法

2. 転倒予防エクササイズ

われわれは、二重課題能力を強化するためのトレーニングとして、各機能レベルに対応できるように幾つかの方法を開発してきた。また、筋力の強化に関しては、近年注目されているサルコペニアの予防・改善に関する方法を考案してきた。ここでは、それぞれの機能レベルの高齢者に応じた介入方法について紹介する。

2-1. より運動機能が高い高齢者向け (TUGの所要時間が10秒以下の方向)

単純な移動能力が比較的維持されているにも

関わらず、二重課題下などでは移動能力が顕著に低下する場合には、Trail Walking Exercise¹⁰⁾ や Rhythmic Stepping Exercise¹¹⁾ を推奨している。

Trail Walking Exerciseは、注意機能検査である Trail Making Test part-A を歩行エクササイズ版に改良したものである。5m四方の領域に、①から⑮までの旗を設置し、①から順に②、③・・・⑮と通過していくものである (図2)。この Trail Walking Exerciseには、旗を探すという探索能力や注意機能、旗の位置を短期的に記憶しておく短期記憶能力、それに頻回な方向転換やかがみ動作 (旗が何番なのか確認する際に行う) など多くの機能が同時に求められる複数課題条件である。運動毎に旗の位置を変化させたり、番号をシャッフルするなどして、毎回異なる条件で運動を実施する。それでも慣れてきたら、⑮から逆順に①まで通過させることで認知課題的負荷量を増大させる。このエクササイズは、週に1回の頻度でも継続して6ヶ月ほど実施すれば転倒予防効果が認められることが判明しており、高齢者にとって非常に有用なトレーニングであると言える。なお、Trail Walking Exerciseの環境に、障害物を加えることでより転倒予防に対する効果が強まり、骨折数の抑制も可能であることが判明している¹²⁾。

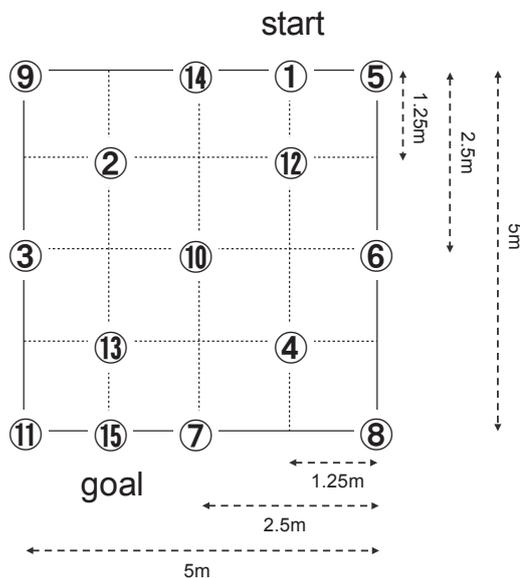


図2. Trail Walking Exercise

Rhythmic Stepping Exerciseは、60～120 beat/minのテンポで足踏みを行いながら、口頭および視覚的に指示された方向へステップを行うというものである。ただし、図3に示している5つの四角形は仮想であり、実際は地面に全く目印の無い環境

で実施する。仮想四角形の大きさは、各個人の能力によって調整可能という自己裁量型としている（おおよそ 30～50 cm 程度）。時間は 1 分程度から開始し、段階的に 3 分、5 分と延長していく。このリズムクステッピングエクササイズは、単純な足踏み運動やあらゆる方向へのステップ運動などの運動課題的要素と、指示を聞くための注意力、それに短期記憶などの認知課題的要素が同時に求められる多重課題運動である。また運動課題的要素の難易度は、足踏みの速度を変化させることで調整可能である。さらに、認知課題的要素の難易度は前後左右の指示方向を、「赤」が前、「青」が後、「緑」が右、「黄」が左のように指示を色に変換したりすることで調節可能である。このようにリズムクステッピングエクササイズは難易度調整が簡便に行えるため、運動指導者が任意で課題を変更でき、高齢者も飽きずに運動を継続できるといった利点がある。なお、このエクササイズは、どのような高齢者であっても最初から上手く行うことは難しいが、2～3 回練習を行い方法を理解すれば、非常に楽しく運動を行うことが可能である。このエクササイズを週 1 回の頻度で半年間実施することで、二重課題下歩行能力が向上し、転倒恐怖感が減少することが分かっている。

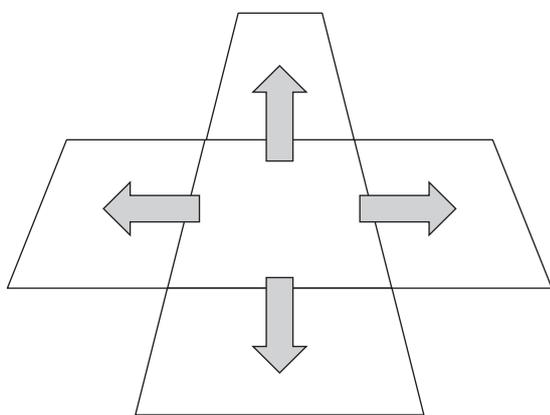


図3. Rhymic Stepping Exercise

2-2. やや移動能力が低下した高齢者向け（TUGの所要時間が13秒以下の方向け）

移動能力がやや低下しており、移動を伴うエクササイズでは転倒リスクが高い場合には、座位で行うステッピングエクササイズ¹³⁾が有用である。これは椅子座位の状態、語想起などの認知課題を行いながら出来るだけ早く足踏みを行うというものである。時間は5秒から開始し、段階的に10秒へ延長していく。一見、短いという印象を持つかもしれないが、実際に行ってみると5秒は意外

と長く、10秒になるとかなり長く感じる。認知課題としては、「動物の名前を出来るだけ多く」「国の名前を出来るだけ多く」などカテゴリーを指示するものや、「か」から始まる言葉など頭文字を指示するものなどの語想起や、100から順次3を引く、100から順次1を引くなどの単純計算課題が有用である。このエクササイズは座位で行えることから、自宅で一人でも行えるという利点がある。また座位でのトレーニングであっても、歩行能力が向上することを確認しており、移動能力がやや低下した高齢者にとっては安全に行える有用なトレーニングである。

2-3. 移動能力が低下した高齢者向け（サルコペニアの予防・改善）

移動能力が低下している場合（概ねTUGの所要時間が11秒以上の方）には、二重課題下能力を強化するよりは、まずは単純な筋力強化が重要である。概ね、要支援・要介護の方がこのような機能レベルに相当するが、自験的な調査によってこのような方の大半はサルコペニアであることが判明している。サルコペニアは加齢に伴う筋量の低下のことを指し、近年では筋量低下に加えて歩行速度が低下しているような方をサルコペニアと定義するというコンセンサスが報告されている¹⁴⁾。われわれは、このような方324名を対象に、週に2回の頻度で1年間にわたってレジスタンストレーニングを実施した¹⁵⁾。トレーニングは上下肢の主要な筋に対して行い、負荷は10RMとし、各運動方向ともに3セット実施した。3ヶ月毎に筋量の計測を行ったところ、最初の3ヶ月ではトレーニング前と比べ変化がなく、6ヶ月を超えた時点で少しずつ筋量が増え、1年後にはトレーニング前と比べて約5.5%増加していた（図4）。さらに、筋量の増加に伴いパフォーマンスの向上、転倒恐怖感の減少を認めている。一般的な高齢者に対するレジスタンストレーニングとしては、頻度は週に2-3回、負荷量は1RMの80%以上、セット数は3セット、期間は3ヶ月以上が推奨されている¹⁶⁾。しかし、本調査で明らかとなったように、要支援・要介護認定を受けた虚弱高齢者にとって、3ヶ月程度の運動期間では効果の出現が乏しく、少なくとも6ヶ月以上継続実施すべきということが示唆された。

このようにレジスタンストレーニングを実施することで、筋量が増加する、パフォーマンスが向上とするということは周知の事実である。しかし、サルコペニアのメカニズムを考慮した場合、運動

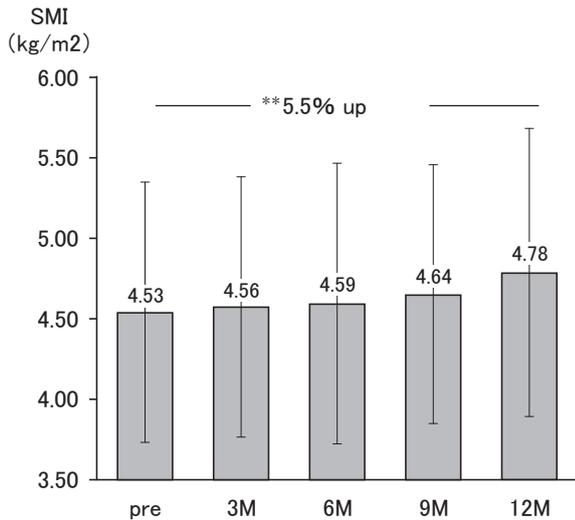


図4. 1年間のレジスタンストレーニングの筋量増加効果

だけではなく栄養に対する介入も考慮すべきである。中でも、蛋白質やビタミンDの摂取は重要であり、これらの摂取不足とサルコペニアが関係しているという報告は多数存在する¹⁷⁻¹⁹⁾。ビタミンDに関しては、日照暴露によってビタミンDの前駆物質である7-デヒドロコレステロールが生産されることが知られているが、この生産能力が高齢者では若年者の50-70%も減少することが報告されており²⁰⁻²¹⁾、食物から摂取することの重要性が指摘されている。加えて、大多数の高齢者で蛋白質、ビタミンDともに摂取量が不足していることが分かっており、これらをうまく摂取しながらレジスタンストレーニングを併用することがトレーニング効果を高めるにあたり重要である。

われわれは、地域在住高齢者に対してFood frequency questionnaire (FFQ) という食品目摂取頻度調査を行い、その中からビタミンDの食物からの摂取量を算出した²²⁾。その結果、ビタミンDの摂取量と身長補正した筋量とは有意な相関関係を認め、ビタミンDの摂取量が多いほど筋量が多く保たれているという関係性を見出した。また、サルコペニアの基準に対してビタミンD摂取量のカットオフ値を算出したところ、1日平均で5.93 μ g以上摂取すべきという結果を得た。

このような結果を受け、われわれは、要介護高齢者に対してレジスタンストレーニングと栄養補助を組み合わせた介入試験を実施した²³⁾。介入群、コントロール群ともに週に3回の頻度で3ヶ月間、10RMの負荷設定で上下肢のレジスタンストレーニングを実施するというものであるが、介入群には加えてトレーニング後に蛋白質、ビタミンDを多く含んだ飲料を摂取してもらった。その結果、

3ヶ月間の介入前後でコントロール群では筋量に有意な改善を認めなかったのに対して、介入群では5.4%の有意な改善を認め、歩行速度の改善も認められた(図5)。前述のように、レジスタンストレーニングのみでは、1年間で5.5%の筋量の改善に至っているが、栄養を補助することによって3ヶ月間のトレーニングで1年間で同等の効果が得られることが示唆された。

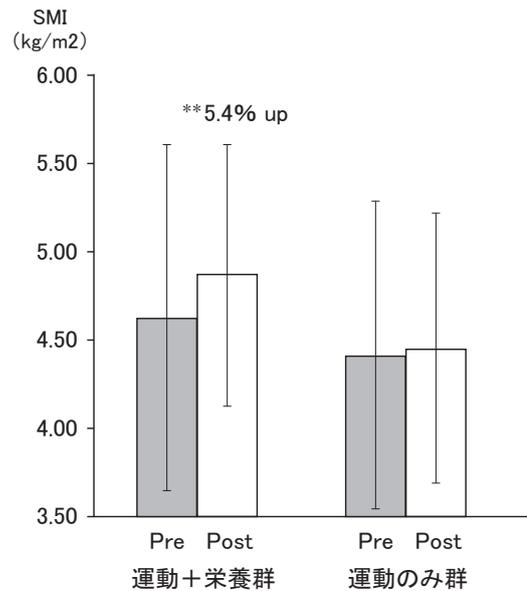


図5. 運動+栄養の筋量増加効果

おわりに

われわれは、高齢者に対する運動介入を実施する際には、必ずその対象となる方々の機能レベルを把握し、その方々に適合するようなプログラムを提供することを心掛けている。たとえば、後半に示したサルコペニアに対する介入を元気な高齢者に対して実施しても、おそらく同様の結果には至らないと予想される。また、元気な高齢者に対して実施している運動は、虚弱な高齢者にとっては難易度が高すぎて、あまり高い効果が得られない可能性がある。今後益々、高齢化率が増加する本邦において、科学的検証がなされたテーラーメイド型の運動介入を確立していくことは大きな課題であり、われわれセラピストに託された使命であると感じている。

【文献】

- 1) Tinetti ME, et al. Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *N Engl J Med* 319: 1701-1707, 1988.

- 2) Yamada M, et al. Dual-task walk is a reliable predictor of falls in robust elderly adults. *J Am Geriatr Soc.*; 59: 163–164, 2011
- 3) Podsiadlo D, et al. The timed “Up & Go” : a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc* 39: 142–148, 1991.
- 4) Duncan PW, et al. Functional reach: predictive validity in a sample of elderly male veterans. *J Gerontol* 47: M93–M98, 1992.
- 5) Lopopolo RB, et al. Effect of therapeutic exercise on gait speed in community-dwelling elderly people: a meta-analysis. *Phys Ther* 86: 520–540, 2006.
- 6) Vellas BJ, et al. One-leg balance is an important predictor of injurious falls in older persons. *J Am Geriatr Soc* 45: 735–8, 1997.
- 7) Guralnik JM, Simonsick EM, Ferrucci L et al (1994) A short physical performance battery assessing lower extremity function: association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission. *J Gerontol* 49: M85–M94.
- 8) Lundin-Olsson L, et al. “Stops walking when talking” as a predictor of falls in elderly people. *Lancet* 349: 617, 1997.
- 9) Beauchet O, et al. Stops walking when talking: a predictor of falls in older adults?. *European Journal of Neurology* 16: 786–795, 2009.
- 10) Yamada M, et al. Trail-walking exercise and fall risk factors in community-dwelling older adults: preliminary results of a randomized controlled trial. *J Am Geriatr Soc* 2010: 58(10):1946–51.
- 11) Yamada M, et al. Rhythmic stepping exercise under cognitive condition improves fall risk factors in community-dwelling older adults: preliminary results of cluster-randomized controlled trial. *Aging Ment Health* 2011: 15; 647–53.
- 12) Yamada M, et al. Complex obstacle negotiation exercise can prevent falls in community-dwelling elderly Japanese aged 75 years and older. *Geriatr Gerontol Int*, In press
- 13) Yamada M, et al. Seated stepping exercise under a dual-task condition improves ambulatory function with a secondary task: a randomized controlled trial. *Aging Clin Exp Res* 2011: 23: 386–392.
- 14) Morley JE, et al. Society on Sarcopenia, Cachexia and Wasting Disorders Trialist Workshop. Sarcopenia with limited mobility: an international consensus. *J Am Med Dir Assoc* 2011; 12: 403–409.
- 15) Yamada M, et al. Effect of resistance training on physical performance and fear of falling in elderly with different levels of physical well-being. *Age Ageing*. 2011; 40: 637–41.
- 16) American College of Sports Medicine Position Stand. American College of Sports Medicine Position Stand. *Med Sci Sports Exerc*. 1998; 30 : 992–1008.
- 17) Houston DK, et al. Health ABC Study. Dietary protein intake is associated with lean mass change in older, community-dwelling adults: the Health, Aging, and Body Composition (Health ABC) Study. *Am J Clin Nutr* 2008; 87:150–155.
- 18) Meng X, et al. A 5-year cohort study of the effects of high protein intake on lean mass and BMC in elderly postmenopausal women. *J Bone Miner Res* 2009; 24: 1827–1834.
- 19) Hirani V, et al. Vitamin D concentrations among people aged 65 years and over living in private households and institutions in England: population survey. *Age Ageing* 2005; 34: 485–491.
- 20) Holick MF, et al. Age, vitamin D, and solar ultraviolet. *Lancet* 1989; 2: 1104–1105.
- 21) MacLaughlin J, et al. Aging decreases the capacity of human skin to produce vitamin D3. *J Clin Invest* 1985; 76: 1536–1538.
- 22) Yamada M, et al. Dietary vitamin D intake is associated with skeletal muscle mass in community-dwelling older Japanese women. *Journal of Aging: Research and Clinical Practice*, In press.
- 23) Yamada M, et al. Nutritional supplementation during resistance training improved sarcopenia in community-dwelling frail older adults. *Journal of frailty and aging*, In press.